

10624615

18-07



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 199 13 794 C 2

⑤① Int. Cl. 7:  
B 60 K 6/04

②① Aktenzeichen: 199 13 794.3-22  
②② Anmeldetag: 26. 3. 1999  
④③ Offenlegungstag: 12. 10. 2000  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 14. 11. 2002

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:  
XCELLSIS GmbH, 70567 Stuttgart, DE  
  
⑦④ Vertreter:  
Einsele, R., Dipl.-Ing.(FH), Pat.-Anw., 70597  
Stuttgart

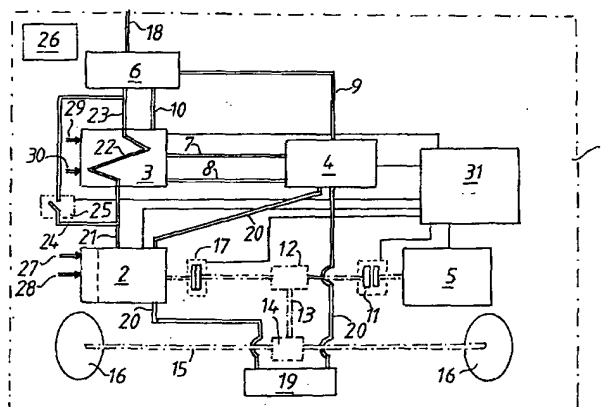
⑦② Erfinder:  
zur Megede, Detlef, Dr., 73230 Kirchheim, DE

⑤⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 44 12 451 C1  
GB 14 47 835  
WO 98 40 922 A1

⑤④ Fahrzeug mit einem Antriebsstrang für wenigstens zwei Antriebsräder und mit einem Brennkraftmaschinen-Antrieb sowie mit einem Brennstoffzellensystem

⑤⑦ Fahrzeug (1) mit wenigstens einem Antriebsstrang für Antriebsräder (16) und mit einem an den Antriebsstrang ankuppelbaren Brennkraftmaschinen-Antrieb (2) sowie mit einem Brennstoffzellensystem, das eine Brennstoffzelle (4) und eine Gaserzeugungseinrichtung (3) aufweist, die bei höheren Temperaturen aus einem Kraftstoff wasserstoffhaltiges Gas für die Brennstoffzelle (4) erzeugt, wobei Einrichtungen für die Überleitung von Wärme aus dem Brennkraftmaschinen-Antrieb in die Gaserzeugungseinrichtung (3) und in die Brennstoffzelle (4) und eine Steuerung (31) vorgesehen sind, von der automatisch Aggregate für die Zufuhr von Kraftstoff und Luft zum Brennstoffzellensystem nach den Aufheizen der Gaserzeugungseinrichtung (3) und der Brennstoffzelle (4) auf Arbeitstemperatur einschaltbar sind.



DE 199 13 794 C 2

DE 199 13 794 C 2

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Fahrzeug mit einem Antriebsstrang für wenigsten zwei Antriebsräder und mit einem Brennkraftmaschinen-Antrieb sowie mit einem Brennstoffzellensystem.

[0002] Es ist bereits ein aus einem Brennkraftmaschinen-Antrieb und einem Brennstoffzellensystem-Antrieb bestehender Hybrid-Antrieb für ein Fahrzeug bekannt (GB 1447 835). Der Brennstoffzellensystem-Antrieb enthält einen Elektromotor, dessen Welle an einem Ende mit der Antriebswelle der Brennkraftmaschine und am anderen Ende mit einer Kupplung verbunden ist. An die Kupplung schließen sich ein Antriebsstrang mit Getriebe, Kardanwelle, Ausgleichsgetriebe, Radwellen und Antriebsrädern an. Die Brennkraftmaschine und die Brennstoffzelle werden von einer gemeinsamen Kraftstoffquelle je über eine Speiseleitung mit Wasserstoff versorgt. In jeder Speiseleitung befindet sich ein Steuerventil, das an eine elektrische Steuerung angeschlossen ist, die mechanisch mit einem Fußpedal verbunden ist, von dessen Stellung die Betätigung der beiden Steuerventile in den Speiseleitungen abhängt. Bei Pedalstellungen, die kleineren Antriebsleistungen für das Fahrzeug zugeordnet sind, öffnet die Steuerung das Steuerventil im Zuge der Speiseleitung für die Brennkraftmaschine. Bei Pedalstellung, die höheren Antriebsleistungen für das Fahrzeug zugeordnet sind, öffnet die Steuerung beide Steuerventile in den Speiseleitungen für die Brennkraftmaschine und die Brennstoffzelle, d. h. beide Antriebe arbeiten gleichzeitig.

[0003] Wenn die Brennstoffzelle betriebsbereit sein soll, um ihre Leistung ohne Unterbrechung zur Verfügung stellen zu können, ist eine zusätzliche Steuereinheit vorhanden, die die Brennkraftmaschine bei niedriger Leistungsabgabe für das Fahrzeug im Leerlauf arbeiten läßt, während die Brennstoffzelle Leistung abgibt. Bei größerem Leistungsbedarf arbeiten beide Antriebe zusammen. Im Leerlauf wird der Brennkraftmaschine so viel Kraftstoff zugeführt, daß sie für den Elektromotor, der die Antriebsleistung erzeugt, nicht als Bremse wirkt.

[0004] Bekannt ist auch ein Fahrzeug, das einen Elektromotor, eine Brennstoffzelle, einen Kompressor zur Zufuhr von Luft zur Brennstoffzelle, einen Elektromotor zum Antrieb des Kompressors, einen Reformer, einen Brennstofftank für flüssigen Kraftstoff, einen Wasserspeicher und einen Verdampfer aufweist. Der flüssige Kraftstoff und Wasser werden im Verdampfer in den gasförmigen Zustand übergeführt und danach zum Reformer geleitet, in dem unter Zufuhr von Wärme mit Hilfe eines katalytischen Brenners Wasserstoff, Kohlendioxid und Kohlenmonoxid gebildet werden. Das so gebildete wasserstoffhaltige Gas wird der Brennstoffzelle zugleich mit Luft unter Druck zugeführt (DE 44 12 451 C1).

[0005] Brennstoffzellensysteme, die zur Erzeugung von Wasserstoff aus einem flüssigen Kraftstoff eine Gaserzeugungssystem besitzen, haben gegenüber Brennstoffzellensystemen, die aus Tanks mit gasförmigem Wasserstoff gespeist werden, eine Reihe von Nachteilen, deren Beseitigung zu deutlichem Mehraufwand führt und auch nicht vollständig gelingt.

[0006] In diesem Zusammenhang ist vor allem das Kaltstartverhalten ein Problem. Da das Gaserzeugungssystem erst nach Erreichen einer bestimmten höheren, von der Art des Kraftstoffs abhängigen Betriebstemperatur funktionsfähig ist, d. h. ein wasserstoffhaltiges Gas erzeugt, muß es nach der Fahrzeuginbetriebnahme erst aufgeheizt werden. Hierdurch ergibt sich eine Wartezeit zwischen Fahrzeugstart und Fahrbereitschaft. Durch die Erzeugung thermischer

Energie für das Aufheizen des Gaserzeugungssystems wird Kraftstoff im Stillstand verbraucht.

[0007] Bekannt ist auch ein hybrides System mit einer Brennkraftmaschine und einer Brennstoffzelle. Das System enthält wenigstens einen thermisch oder katalytisch arbeitenden Cracking-Reaktor, dem flüssiger Kraftstoff zugeführt wird und der einen Gasstrom erzeugt, in dem Wasserstoff enthalten ist, und einen weiteren Strom, in dem sowohl Gas wie auch Flüssigkeiten enthalten sein können. Der Wasserstoff wird einer Brennstoffzelle zur Erzeugung elektrischer Energie zugeführt, mit der ein Elektromotor betrieben wird. Der weitere Strom wird einer Brennkraftmaschine zugeführt, die eine mechanische Leistung abgibt (WO 98 40 922 A1).

[0008] Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein Fahrzeug, das ein mit flüssigem Kraftstoff gespeistes Brennstoffzellen-System aufweist, dahingehend weiterzuentwickeln, daß ein Anlassen mit sofortigem Fahrtbeginn ohne Energieentnahme aus einem zusätzlichen Gasspeicher für die Brennstoffzelle möglich ist, und ein Verfahren zum Betrieb eines solchen Fahrzeugs anzugeben.

[0009] Das Problem wird erfindungsgemäß durch ein Fahrzeug mit wenigstens einem Antriebsstrang für Antriebsräder und mit einem an den Antriebsstrang ankuppelbaren Brennkraftmaschinen-Antrieb sowie mit einem Brennstoffzellensystem gelöst, das eine Brennstoffzelle und eine Gaserzeugungseinrichtung aufweist, die bei höheren Temperaturen aus einem Kraftstoff wasserstoffhaltiges Gas für die Brennstoffzelle erzeugt, wobei Einrichtungen zur Überleitung von Wärme aus dem Brennkraftmaschinen-Antrieb in die Gaserzeugungseinrichtung und in die Brennstoffzelle und eine Steuerung vorgesehen sind, von der automatisch Aggregate für die Zufuhr von Kraftstoff und Luft zum Brennstoffzellensystem nach dem Aufheizen der Gaserzeugungseinrichtung und der Brennstoffzelle auf Arbeitstemperaturen einschaltbar sind.

[0010] Unter Antriebsstrang sind die Bauteile hinter einer Kupplung des Fahrzeugs bis zu den Antriebsrädern zu verstehen. Unter Brennkraftmaschinen-Antrieb ist hierbei ein Antrieb mit einer herkömmlichen Brennkraftmaschine und den für ihren Betrieb notwendigen Aggregaten wie Anlasser, Lichtmaschine, Akkumulator, Kraftstoffdosiereinrichtung, Zündeinrichtung usw. zu verstehen. Der Brennkraftmaschinen-Antrieb wird auf übliche Weise in Gang gesetzt, indem mittels des Zündschlüssels die Bauelemente für das Starten betätigt werden.

[0011] Die beim Betrieb der Brennkraftmaschine auftretenden heißen Abgase heizen die Gaserzeugungseinrichtung und die Brennstoffzelle auf Betriebstemperaturen bzw. eine für die Funktion ausreichende Temperatur auf. Sobald die Arbeits- bzw. Betriebstemperatur erreicht ist, wird die Zufuhr von Luft und flüssigem Kraftstoff zur Gaserzeugungseinrichtung eingeleitet und die Brennstoffzelle mit der Luft und dem von der Gaserzeugungseinrichtung ausgegebenen wasserstoffhaltigen Gas in Gang gesetzt.

[0012] Insbesondere ist wenigstens ein an den Antriebsstrang ankuppelbarer Elektrofahrmotor vorgesehen. Wenn die Brennstoffzelle Strom erzeugt, wird der z. B. über einen Steller gesteuerte Elektrofahrmotor durch Betätigen seiner Kupplung an den Antriebsstrang angeschlossen. Je nach der erforderlichen Fahrleistung kann die Brennkraftmaschine mit dem Elektrofahrmotor zusammenarbeiten oder von dem Antriebsstrang abgekuppelt werden.

[0013] Vorzugsweise ist für die Energieversorgung des Brennkraftmaschinen-Antriebs und des Brennstoffzellensystems flüssiger Kraftstoff vorgesehen. Die erfindungsgemäße Einrichtung ermöglicht die sofortige Fahrbereitschaft eines Fahrzeugs, bei dem flüssiger Kraftstoff für einen

Brennstoffzellensystem-Antrieb verwendet wird. Wartezeiten bei Inbetriebnahme mit abgekühltem Gaserzeugungssystem lassen sich vermeiden. Weitere Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind: Kein zusätzlicher Kraftstoffbedarf zum Heizen des Brennstoffzellensystems vor Fahraufnahme, erhöhte Betriebssicherheit aufgrund der Möglichkeit, bei einer Störung des Brennstoffzellensystems die Fahrt mit der Brennkraftmaschine fortsetzen zu können, und eine flexible Nutzung von Brennkraftmaschine und Brennstoffzellensystem-Antrieb je nach Bedarf für zusätzliche oder alternative Antriebsleistung, Zusatzstromversorgung usw.

[0014] Es ist günstig, wenn nach der Funktionsaufnahme der Brennstoffzelle der Elektrofahrmotor an den Antriebsstrang automatisch ankuppelbar oder die manuell oder durch Fußpedal durchzuführende Kupplung des Elektrofahrmotors mit dem Antriebsstrang freigebbar ist. Sobald die Brennkraftmaschine in Betrieb ist, kann die Kupplungsverbindung zwischen der Brennkraftmaschine und dem Antriebsstrang mit den Antriebsrädern hergestellt werden, worauf sich das Fahrzeug in Bewegung setzt.

[0015] Bei einer zweckmäßigen Ausführungsform ist die Nennleistung des Brennkraftmaschinen-Antriebs kleiner als die des Elektrofahrmotors. Die Brennkraftmaschine wird insbesondere zum Anfahren des Fahrzeugs bei kaltem Gaserzeugungssystem und zum Aufheizen des Gaserzeugungssystems auf Betriebstemperatur benötigt. Die hierfür benötigte Leistung ist gering im Vergleich zu der für die verschiedenen Geschwindigkeiten, Ladezustände und Steigungen im üblichen Fahrbetrieb benötigten Leistung.

[0016] Insbesondere sind der Brennkraftmaschinen-Antrieb und das Brennstoffzellensystem in einem Kühlkreislauf gemeinsam an einen Kühler angeschlossen. Durch einen gemeinsamen Kühler vermindert sich der Aufwand für die Antriebssysteme. Außerdem wird die Brennstoffzelle vor ihrer Inbetriebnahme durch die Brennkraftmaschine bereits auf Arbeits- bzw. Betriebstemperatur aufgeheizt. Dies bedeutet auch eine Gewichtseinsparung am Fahrzeug. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß die Brennkraftmaschine auch dann über ihren Kühlkreislauf eine höhere Temperatur hat, wenn sie nicht in Betrieb ist, so daß eine bedarfsweise Inbetriebnahme zur Unterstützung des Elektrofahrmotors bei höherer Betriebstemperatur erfolgt. Damit wird die bei kalter Brennkraftmaschine nach dem Ingangsetzen höhere Schadstoffzerzeugung vermieden.

[0017] Bei einer weiteren zweckmäßigen Ausführungsform ist vorgesehen, daß eine Einrichtung zur Überleitung von Wärme aus den Abgasen der Brennkraftmaschine in die Gaserzeugungseinrichtung vorgesehen ist. Es ist insbesondere ein außerhalb des Gaserzeugungseinrichtung verlaufender Bypass angeordnet, der im Betrieb der Brennkraftmaschine und im Betrieb des Brennstoffzellensystems für die Abgase durchlässig und vor Inbetriebsetzung des Brennstoffzellensystems undurchlässig ist. Wenn das Brennstoffzellensystem arbeitet, d. h. Strom erzeugt, entsteht Wärme, die für den Betrieb des Gaserzeugungssystems ausreicht. Um eine Überhitzung bei gleichzeitiger Leistungsabgabe der Brennstoffzelle und der Brennkraftmaschine zu vermeiden, werden dann die Abgase der Brennkraftmaschine am Gaserzeugungssystem vorbeigeleitet.

[0018] Es ist günstig, wenn eine Einrichtung zur Überleitung von Wärme aus den Abgasen der Brennkraftmaschine aus wenigstens einer im Inneren der Gaserzeugungseinrichtung verlaufenden Leitung besteht, die Abgase führt. Diese Ausführungsform zeichnet sich durch ihren einfachen Aufbau aus.

[0019] Bei einer anderen vorteilhaften Ausführungsform sind die Brennkraftmaschine, die Gaserzeugungseinrich-

tung und die Brennstoffzelle gemeinsam an einen Abgasreiner angeschossen. Durch diese Ausführungsform ist es möglich, das Antriebssystem mit geringerem Gewicht auszubilden.

[0020] Für das Verfahren wird das Problem zum Betrieb eines Fahrzeugs mit wenigstens einem Antriebsstrang für Antriebsräder und mit einem an den Antriebsstrang ankuppelbaren Brennkraftmaschinen-Antrieb sowie mit einem Brennstoffzellensystem, das eine Brennstoffzelle und eine Gaserzeugungseinrichtung aufweist, die aus einem Tank mit flüssigem Kraftstoff versorgt wird und aus dem Kraftstoff bei höheren Temperaturen wasserstoffhaltiges Gas für die Brennstoffzelle erzeugt, erfindungsgemäß gelöst, indem der Brennkraftmaschinen-Antrieb aus dem gleichen Tank wie die Gaserzeugungseinrichtung über eine Leitung mit flüssigem Kraftstoff versorgt und nach dem Starten der Brennkraftmaschine an den Antriebsstrang ankuppelbar ist, während die heißen Gase, die von der Brennkraftmaschine erzeugt werden, das Brennstoffzellensystem direkt und/oder indirekt auf eine wenigstens für die Funktion ausreichende Temperatur aufheizen, bei deren Erreichen der Brennstoffzellensystem-Antrieb durch Zufuhr von Kraftstoff und Luft in Gang gesetzt wird.

[0021] Ein Elektrofahrmotor wird insbesondere automatisch oder durch Fuß- oder Handbetätigung an den Antriebsstrang angekoppelt und die Brennkraftmaschine wahlweise von Antriebsstrang abgekoppelt.

[0022] Zweckmäßigerweise werden die Brennstoffzelle und die Brennkraftmaschine gemeinsam auf eine Betriebstemperatur gekühlt.

[0023] Mit dieser Maßnahme wird die Brennkraftmaschine auch dann, wenn sie nicht in Betrieb ist, auf Betriebstemperatur gehalten, so daß beim Zuschalten der Brennkraftmaschine zur Leistungserhöhung des Fahrzeugsantriebs nicht wie beim Kaltstart einer Brennkraftmaschine eine höhere Schadstoffausstoß entsteht.

[0024] Die Erfindung wird im folgenden an Hand eines in einer Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher beschrieben, aus dem sich weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile ergeben.

[0025] Es zeigen:

[0026] Fig. 1 eine Prinzipdarstellung eines Fahrzeugs mit einem Brennkraftmaschinen-Antrieb und einem Brennstoffzellensystems-Antrieb in einem ersten Betriebszustand,

[0027] Fig. 2 das in Fig. 1 dargestellte Fahrzeug in einem zweiten Betriebszustand,

[0028] Fig. 3 das in Fig. 1 dargestellte Fahrzeug in einem dritten Betriebszustand.

[0029] Ein insgesamt mit 1 bezeichnetes Fahrzeug weist einen Brennkraftmaschinen-Antrieb mit einer Brennkraftmaschine 2 auf, der alle für seine Funktion notwendigen Hilfsaggregate, z. B. Anlasser, Lichtmaschine, Akkumulator, Kraftstoffdosiereinrichtung, Zündeinrichtung, Spannungsregler usw., enthält. Diese bekannten Hilfsaggregate sind in der Zeichnung nicht dargestellt. Das Brennkraftmaschinen-Antriebssystem wird in folgenden auch Brennkraftmaschine 2 genannt. Weiterhin enthält das Fahrzeug 1 einen Brennstoffzellensystem-Antrieb mit an sich bekanntem Aufbau. Von diesen für Kraftfahrzeuge bekannten Brennstoffzellensystem-Antrieb sind in der Zeichnung die Gaserzeugungseinrichtung 3, die Brennstoffzelle 4, und der Elektrofahrmotor 5 und eine Abgasreinigungseinheit 6 dargestellt. Von der Gaserzeugungseinrichtung 3 verläuft eine Verbindungsleitung 7 für wasserstoffhaltiges Gas zur Brennstoffzelle 4. Über eine Leitung 8 wird der Brennstoffzelle 4 Reaktionsluft zugeführt. Von der Brennstoffzelle 4 verläuft eine Leitung 9 für die Abführung der Restluft bzw. von Abgasen zur Abgasreinigungseinheit 6. Ein Abgaslei-

tung 10 verbindet die Gaserzeugungseinrichtung 3 mit der Abgasreinigungseinheit 6, an die der Fahrzeugauspuff 18 angeschlossen ist.

[0030] Der Elektrofahrmotor 5 ist über eine Kupplung 11 und ein Differential 12 mit der Kardanwelle 13 verbunden, die über ein weiteres Differential 14 die Achse 15 mit den Rädern 16 antreibt. Die Brennkraftmaschine 2 ist über eine Kupplung 17 mit dem Differential 12 verbunden.

[0031] Die Brennkraftmaschine 2 und die Brennstoffzelle 4 besitzen einen gemeinsamen Kühlkreislauf mit einem Kühler 19. Die Brennstoffzelle 4 ist insbesondere eine  $H_2/O_2$ -Brennstoffzelle mit protonenleitender Membran, eine sog. PEM-Zelle, und setzt sich aus einem Stack einzelner Brennstoffzellen zusammen. Neben dem Kühler 19 sind in der Zeichnung die Leitungen 20 zwischen Brennkraftmaschine 2 und Kühler 19, zwischen Brennkraftmaschine 2 und Brennstoffzelle 4 und zwischen Brennstoffzelle 4 und Kühler 19 dargestellt.

[0032] Von der Brennkraftmaschine 2 verläuft eine Abgasleitung 21 zur Gaserzeugungseinrichtung 3, in der die Abgasleitung z. B. in Form einer Heizschlange 22 hindurchgeführt ist. Von der Heizschlange 22 verläuft eine Abgasleitung 23 zwischen der Gaserzeugungseinrichtung 3 und der Abgasreinigungseinheit 6. Von der Abgasleitung 21 zweigt eine Bypass-Leitung 24 ab, mit der die Gaserzeugungseinrichtung 3 umgangen wird. In der Bypass-Leitung 24 ist ein Absperrlement 25, z. B. eine Klappe, ein Ventil oder ein Schieber, angeordnet.

[0033] Das Fahrzeug 1 besitzt einen Kraftstofftank 26, in dem sich beispielsweise flüssiges Methanol befindet. Der Kraftstoff im Tank 26 wird sowohl für die Versorgung der Brennkraftmaschine 2 als auch für die Versorgung der Brennstoffzelle 4 verwendet. Die Kraftstoffleitung zur Brennkraftmaschine 2 ist in der Zeichnung nicht dargestellt. An der Brennkraftmaschine 2 sind schematisch ein Eingang 27 für Luft und ein Eingang 28 für den Kraftstoff dargestellt, die z. B. in einem zu der Brennkraftmaschine 2 gehörigen, nicht näher bezeichneten Gemischbildner angeordnet sind.

[0034] Der Gaserzeugungseinrichtung 3 wird der Kraftstoff über eine nicht näher dargestellte Leitung an einen schematisch dargestellten Eingang 29 zugeführt. Luft wird der Gaserzeugungseinrichtung 3 über einen schematisch dargestellten Eingang 30 zugeführt. In der Gaserzeugungseinrichtung 3 wird der von der Brennstoffzelle 4 benötigte Wasserstoff aus dem Kraftstoff abgetrennt. Beispielsweise weist die Gaserzeugungseinrichtung 3 in an sich bekannter Weise einen Verdampfer auf, in dem der Kraftstoff und Wasser aus einen nicht dargestellten Wasserspeicher in einen gasförmigen Zustand überführt und anschließend zu einem Reformier geleitet werden, in dem mittels eines katalytischen Brenners ein wasserstoffhaltiges Gas gebildet wird, aus dem Restgas abgeschieden wird, das über die Abgasleitung 10 abgeführt wird. Das wasserstoffhaltige Gas und Luft werden unter Druck der Brennstoffzelle 4 zugeführt, in der die für den Betrieb des Elektrofahrmotors 5 benötigte elektrische Energie erzeugt wird.

[0035] Eine Steuerung 31, die unter anderem einen Steller für den Elektrofahrmotor 5 enthält, ist über nicht näher bezeichnete Leitungen mit dem Elektrofahrmotor 5, den elektrischen Aggregaten der Brennkraftmaschine 2, wenigstens einem Temperaturfühler in der Gaserzeugungseinrichtung 3, der Brennstoffzelle 4, dem Absperrlement 25, der Kupplung 17 und der Kupplung 11 verbunden.

[0036] Der Verbrennungsmotor 2 hat z. B. eine Antriebsleistung von 30 kW, während der Elektrofahrmotor 5 eine Antriebsleistung von 70 kW besitzt. Es sind jedoch auch andere Leistungsverhältnisse möglich. Die für die Heizung der Gaserzeugungseinrichtung 3 aus dem kalten Zustand auf

Betriebstemperatur benötigte Wärme kann aus den Abgasen der Brennkraftmaschine 2 auch mittels eines Wärmetauschers gewonnen werden, der ein anderes Wärmeträgermedium als die Abgase in der Gaserzeugungseinrichtung 3 zirkulieren läßt.

[0037] Durch Umdrehen eines nicht näher dargestellten Zündschlüssels in einem mit der Steuerung 31 verbundenen Zündschloß wird die Brennkraftmaschine 2 in üblicher Weise gestartet. Das Fahrzeug 1 ist nach dem Ingangsetzen der Brennkraftmaschine 2 fahrbereit. Durch Einlegen eines nicht dargestellten ersten Gangs und Betätigen der Kupplung 17 mittels der Steuerung 31 setzt sich das Fahrzeug 1 in Bewegung. Die Kupplung 11 ist dabei nicht betätigt. Das Absperrlement 25 sperrt die Bypass-Leitung 24. Die Brennkraftmaschine 2 treibt über das Differential 12, die Kardanwelle 13, das Differential 14 und die Achse 15 die Räder 16 an. Der vorstehend beschriebene Zustand des Fahrzeugs 1 ist in Fig. 1 dargestellt. Im Leerlauf der Brennkraftmaschine 2, insbesondere aber während der Fahrt bei entsprechender Leistungsabgabe, heizen die Abgase der Brennkraftmaschine 2 die Gaserzeugungseinrichtung 3 auf. Die Abgase der Brennkraftmaschine 2 gelangen nach dem Passieren der Heizschlange 22 über die Abgasleitung 23 in die Abgasreinigungseinheit 6 und von dort über den Auspuff 18 ins Freie. Die Brennkraftmaschine 2 wird durch die Zirkulation von Kühlflüssigkeit, die auch über die Brennstoffzelle 4 geleitet wird, im Kühler 19 auf einem für den Betrieb günstigen Wert gehalten. Die Brennstoffzelle 4 wird dabei ebenfalls auf z. B. 80°C bis 90°C erwärmt.

[0038] Die Steuerung 31 überwacht die Temperatur in der Gaserzeugungseinrichtung 3. Wenn die Gaserzeugungseinrichtung 3 ihre Betriebstemperatur erreicht hat, wird sie durch die Steuerung 31 automatisch in Betrieb genommen, indem Luft und Kraftstoff zugeführt werden. Für die Luft- und Kraftstoffzufuhr sind beispielsweise nicht dargestellte Kompressoren vorgesehen, die vom Akkumulator und der Lichtmaschine der Brennkraftmaschine 2 gespeist werden. Da die Gaserzeugungseinrichtung 3 und die Brennstoffzelle 4 zu diesem Zeitpunkt bereits ihre Betriebstemperaturen haben, wird innerhalb weniger Sekunden von der Brennstoffzelle 4 Strom erzeugt, wodurch die Aggregate des Brennstoffzellensystems und der Elektrofahrmotor 5 mit Strom versorgt werden. Die Steuerung 31 betätigt die Kupplung 11, öffnet die Kupplung 17 und schaltet die Brennkraftmaschine 2 aus. Das Fahrzeug 1 wird nunmehr von Elektrofahrmotor 5 angetrieben. Die Bypass-Leitung 24 ist hierbei weiterhin gesperrt. Die Gaserzeugungseinrichtung 3 erzeugt die für ihren Betrieb notwendige Wärme selbst. Der vorstehend beschriebene Betriebszustand ist in Fig. 2 dargestellt und an Hand der Stellungen der Kupplungen 11, 12 erkennbar.

[0039] Da die Brennkraftmaschine 2 durch die Abwärme der Brennstoffzelle 4 weiter beheizt wird, kann sie im Bedarfsfall zur Leistungssteigerung wieder eingeschaltet werden, wobei die Kupplung 17 wieder geschlossen wird.

[0040] Das Fahrzeug 1 wird dann von der Brennkraftmaschine 2 und dem Elektrofahrmotor 5 angetrieben. In dieser Betriebsweise, die in Fig. 3 dargestellt ist, ist die Bypass-Leitung 24 durchlässig, wodurch eine unerwünschte hohe Erwärmung des Gaserzeugungseinrichtung 3 vermieden wird.

#### Patentansprüche

1. Fahrzeug (1) mit wenigstens einem Antriebsstrang für Antriebsräder (16) und mit einem an den Antriebsstrang ankuppelbaren Brennkraftmaschinen-Antrieb (2) sowie mit einem Brennstoffzellensystem, das eine Brennstoffzelle (4) und eine Gaserzeugungseinrichtung

tung (3) aufweist, die bei höheren Temperaturen aus einem Kraftstoff wasserstoffhaltiges Gas für die Brennstoffzelle (4) erzeugt, wobei Einrichtungen für die Überleitung von Wärme aus dem Brennkraftmaschinen-Antrieb in die Gaserzeugungseinrichtung (3) und in die Brennstoffzelle (4) und eine Steuerung (31) vorgesehen sind, von der automatisch Aggregate für die Zufuhr von Kraftstoff und Luft zum Brennstoffzellensystem nach den Aufheizen der Gaserzeugungseinrichtung (3) und der Brennstoffzelle (4) auf Arbeitstemperatur einschaltbar sind.

2. Fahrzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein an den Antriebsstrang ankuppelbarer Elektrofahrmotor (5) vorgesehen ist.

3. Fahrzeug nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß für die Energieversorgung des Brennkraftmaschinen-Antriebs (2) und des Brennstoffzellensystems flüssiger Kraftstoff vorgesehen ist.

4. Fahrzeug nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß nach der Funktionsaufnahme der Brennstoffzelle (4) der Elektrofahrmotor (5) an den Antriebsstrang automatisch ankuppelbar oder die manuell oder durch Fußpedal durchzuführende Kupplung des Elektrofahrmotors (5) mit dem Antriebsstrang freigebbar ist.

5. Fahrzeug nach Anspruch 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Nennleistung des Brennkraftmaschinen-Antriebs (2) kleiner als die Nennleistung des Elektrofahrmotors (5) ist.

6. Fahrzeug nach zumindest einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennkraftmaschinen-Antrieb (2) und der Brennstoffzellensystem-Antrieb in einem Kühlkreislauf gemeinsam an einen Kühler (19) angeschlossen sind.

7. Fahrzeug nach zumindest einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung zur Überleitung von Wärme aus den Abgasen des Brennkraftmaschinen-Antriebs (2) in die Gaserzeugungseinrichtung (3) vorgesehen ist.

8. Fahrzeug nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Überleitung von Wärme eine im Innern der Gaserzeugung (3) verlaufende Leitung (22) für die Abgasrückführung ist.

9. Fahrzeug nach zumindest einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß parallel zu der Einrichtung für die Überleitung von Wärme aus den Abgasen des Brennkraftmaschinen-Antriebs (1) in die Gaserzeugungseinrichtung (3) ein außerhalb der Gaserzeugungseinrichtung (3) verlaufender Bypass (24) angeordnet ist, der ein von der Steuerung (31) betätigbares Sperrelement (25) aufweist.

10. Fahrzeug nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennkraftmaschinen-Antrieb (2) und der Brennstoffzellensystem-Antrieb an einem gemeinsamen Abgasreiniger (6) angeschlossen sind.

11. Verfahren zum Betrieb eines Fahrzeugs mit wenigstens einem Antriebsstrang und mit einem an den Antriebsstrang ankuppelbaren Brennkraftmaschinen-Antrieb (2) sowie mit einem Brennstoffzellensystem, das eine Brennstoffzelle (4) und eine Gaserzeugungseinrichtung (3) aufweist, die aus einem Tank (26) mit flüssigem Kraftstoff versorgt wird und aus dem Kraftstoff bei höheren Temperaturen ein wasserstoffhaltiges Gas für die Brennstoffzelle (4) erzeugt, wobei der Brennkraftmaschinen-Antrieb (2) aus dem gleichen Tank (26) wie die Gaserzeugungseinrichtung (3) über eine Kraftstoffleitung mit flüssigem Kraftstoff versorgt wird

und nach dem Starten der Brennkraftmaschine (2) an den Antriebsstrang zur Fortbewegung des Fahrzeugs (1) ankuppelbar ist, während die von der Brennkraftmaschine (2) erzeugten heißen Abgase direkt und/oder indirekt das Brennstoffzellensystem auf eine wenigstens für die Funktion ausreichende Temperatur aufheizen, bei deren Erreichen das Brennstoffzellensystem durch Zufuhr von Kraftstoff und Luft in Gang gesetzt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Brennstoffzellensystem einen an den Antriebsstrang ankuppelbaren Elektrofahrmotor (5) aufweist, der nach dem Erreichen der Betriebstemperatur des Brennstoffzellensystems automatisch an den Antriebsstrang angekuppelt wird oder daß eine Kupplung (11) des Elektrofahrmotors (5) zum Antriebsstrang für die Fuß- oder Handbetätigung freigegeben wird und der Brennkraftmaschinen-Antrieb (2) wahlweise vom Antriebsstrang abgekoppelt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennkraftmaschinen-Antrieb (2) und der Brennstoffzellensystem-Antrieb gemeinsam auf den Antriebsstrang einwirken.

14. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennstoffzellensystem-Antrieb nach der Funktionsaufnahme der Brennstoffzelle (4) alleine auf den Antriebsstrang einwirkt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11-14, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennstoffzelle (4) und der Brennkraftmaschinen-Antrieb (2) gemeinsam auf eine Betriebstemperatur gekühlt werden.

16. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 11-15, dadurch gekennzeichnet, daß ein zu einer Einrichtung in der Gaserzeugungseinrichtung (3) für die Überleitung der Wärme paralleler Bypass (24) außerhalb der Gaserzeugungseinrichtung (3) beim Betrieb der Brennkraftmaschine (2) und nicht in Betrieb befindlicher Brennstoffzelle (4) sowie bei arbeitender Brennstoffzelle (4) und nicht in Betrieb befindlicher Brennkraftmaschine (2) gesperrt wird und bei zugleich arbeitender Brennkraftmaschine (2) und Brennstoffzelle (4) durchlässig gesteuert wird.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

Fig.1

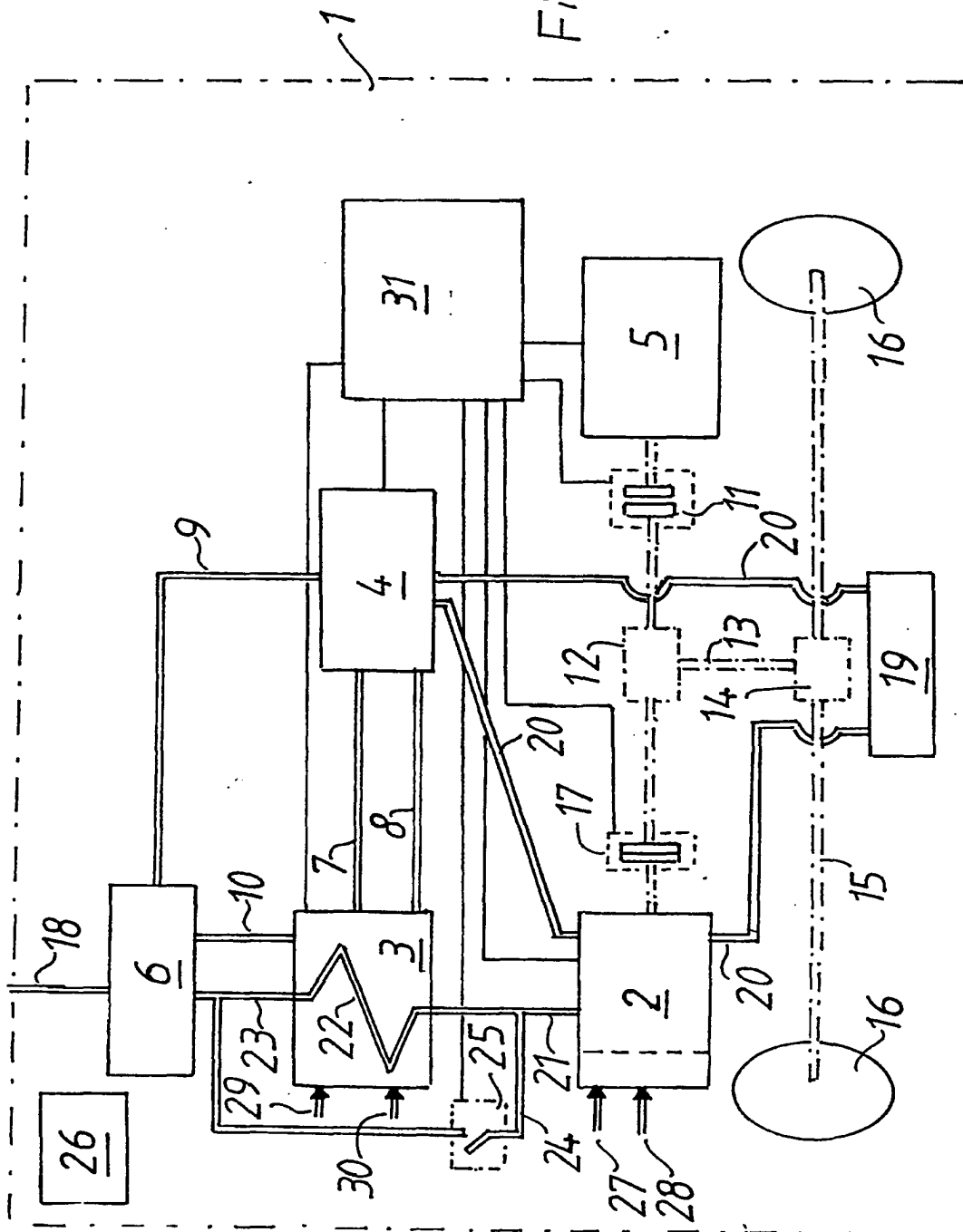


Fig. 2

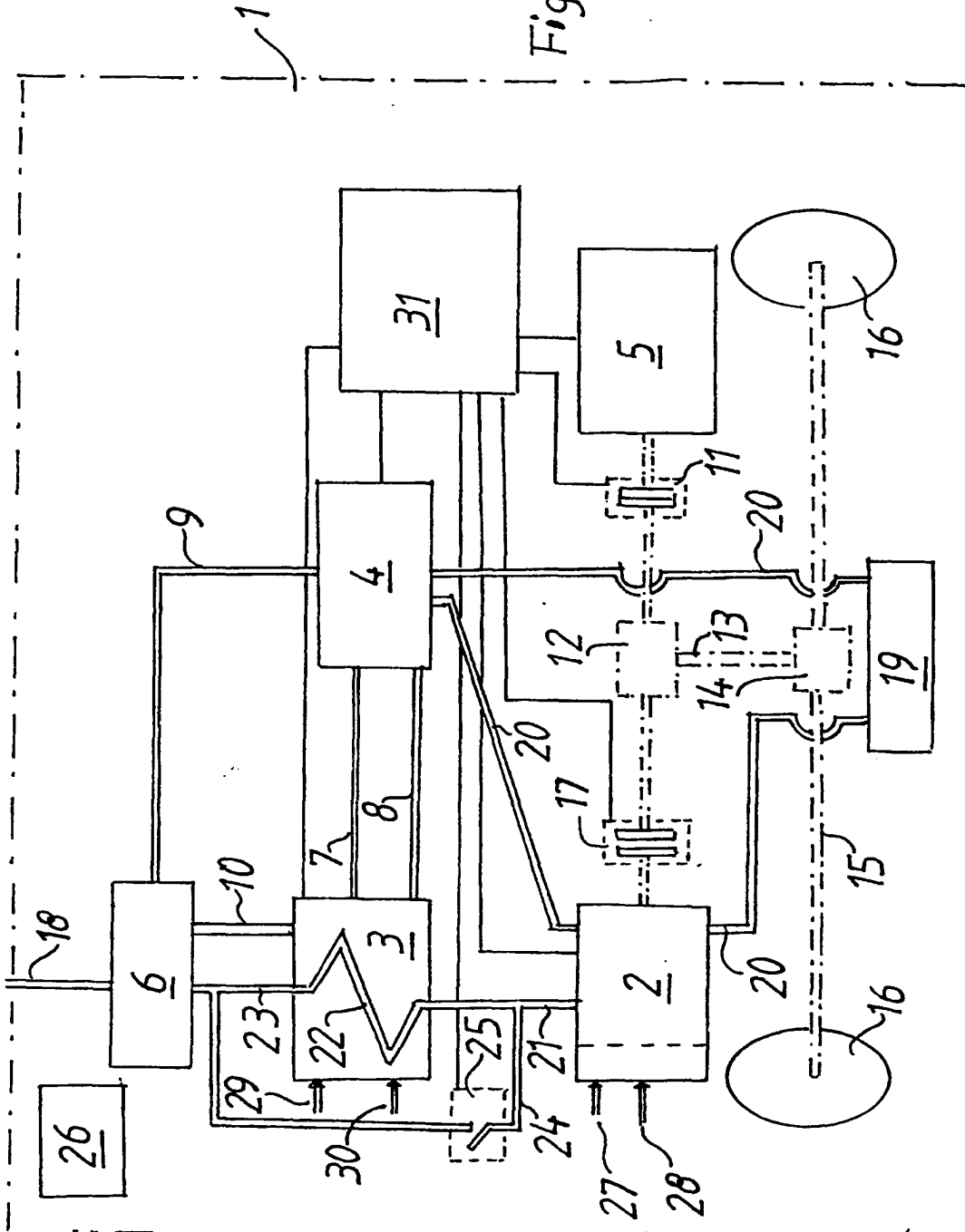
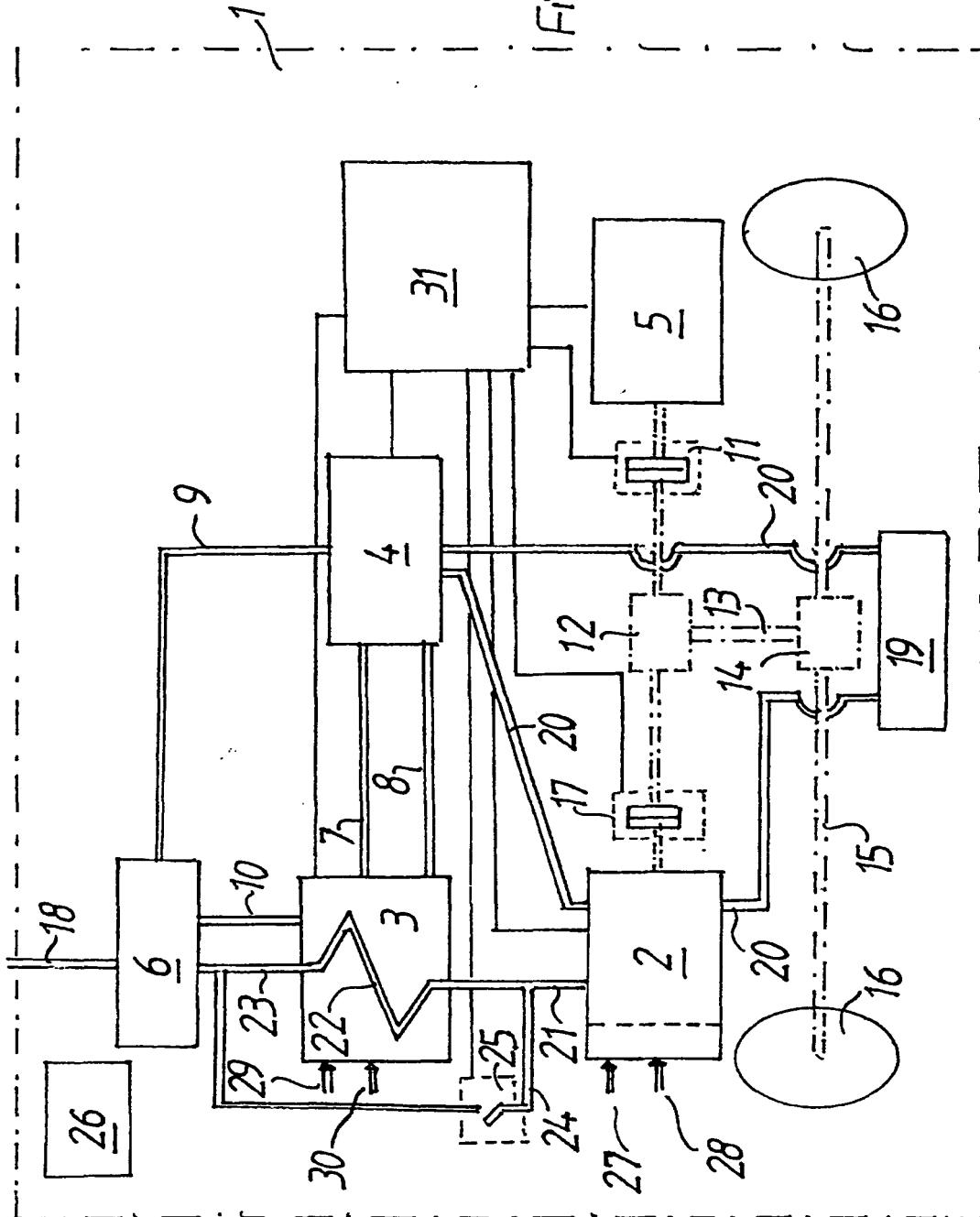


Fig. 3







19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 199 13 794 C 2

51 Int. Cl. 7:  
B 60 K 6/04

21 Aktenzeichen: 199 13 794.3-22  
22 Anmeldetag: 26. 3. 1999  
43 Offenlegungstag: 12. 10. 2000  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 14. 11. 2002

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
XCELLSIS GmbH, 70567 Stuttgart, DE  
74 Vertreter:  
Einsele, R., Dipl.-Ing.(FH), Pat.-Anw., 70597  
Stuttgart

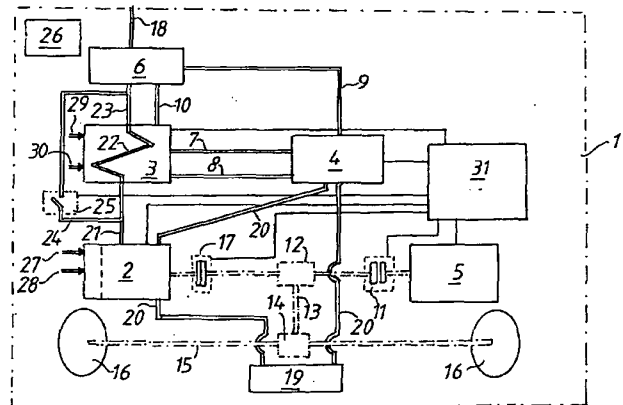
72 Erfinder:  
zur Megede, Detlef, Dr., 73230 Kirchheim, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 44 12 451 C1  
GB 14 47 835  
WO 98 40 922 A1

54 Fahrzeug mit einem Antriebsstrang für wenigstens zwei Antriebsräder und mit einem  
Brennkraftmaschinen-Antrieb sowie mit einem Brennstoffzellensystem

57 Fahrzeug (1) mit wenigstens einem Antriebsstrang für  
Antriebsräder (16) und mit einem an den Antriebsstrang  
ankuppelbaren Brennkraftmaschinen-Antrieb (2) sowie  
mit einem Brennstoffzellensystem, das eine Brennstoff-  
zelle (4) und eine Gaserzeugungseinrichtung (3) aufweist,  
die bei höheren Temperaturen aus einem Kraftstoff was-  
serstoffhaltiges Gas für die Brennstoffzelle (4) erzeugt,  
wobei Einrichtungen für die Überleitung von Wärme aus  
dem Brennkraftmaschinen-Antrieb in die Gaserzeugung-  
einrichtung (3) und in die Brennstoffzelle (4) und eine  
Steuerung (31) vorgesehen sind, von der automatisch Ag-  
gregate für die Zufuhr von Kraftstoff und Luft zum Brenn-  
stoffzellensystem nach den Aufheizen der Gaserzeu-  
gungseinrichtung (3) und der Brennstoffzelle (4) auf Ar-  
beitstemperatur einschaltbar sind.



DE 199 13 794 C 2

DE 199 13 794 C 2

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Fahrzeug mit einem Antriebsstrang für wenigsten zwei Antriebsräder und mit einem Brennkraftmaschinen-Antrieb sowie mit einem Brennstoffzellensystem.

[0002] Es ist bereits ein aus einem Brennkraftmaschinen-Antrieb und einem Brennstoffzellensystem-Antrieb bestehender Hybrid-Antrieb für ein Fahrzeug bekannt (GB 1447 835). Der Brennstoffzellensystem-Antrieb enthält einen Elektromotor, dessen Welle an einem Ende mit der Antriebswelle der Brennkraftmaschine und am anderen Ende mit einer Kupplung verbunden ist. An die Kupplung schließen sich ein Antriebsstrang mit Getriebe, Kardanwelle, Ausgleichsgetriebe, Radwellen und Antriebsrädern an. Die Brennkraftmaschine und die Brennstoffzelle werden von einer gemeinsamen Kraftstoffquelle je über eine Speiseleitung mit Wasserstoff versorgt. In jeder Speiseleitung befindet sich ein Steuerventil, das an eine elektrische Steuerung angeschlossen ist, die mechanisch mit einem Fußpedal verbunden ist, von dessen Stellung die Betätigung der beiden Steuerventile in den Speiseleitungen abhängt. Bei Pedalstellungen, die kleineren Antriebsleistungen für das Fahrzeug zugeordnet sind, öffnet die Steuerung das Steuerventil im Zuge der Speiseleitung für die Brennkraftmaschine. Bei Pedalstellung, die höheren Antriebsleistungen für das Fahrzeug zugeordnet sind, öffnet die Steuerung beide Steuerventile in den Speiseleitungen für die Brennkraftmaschine und die Brennstoffzelle, d. h. beide Antriebe arbeiten gleichzeitig.

[0003] Wenn die Brennstoffzelle betriebsbereit sein soll, um ihre Leistung ohne Unterbrechung zur Verfügung stellen zu können, ist eine zusätzliche Steuereinheit vorhanden, die die Brennkraftmaschine bei niedriger Leistungsabgabe für das Fahrzeug im Leerlauf arbeiten läßt, während die Brennstoffzelle Leistung abgibt. Bei größerem Leistungsbedarf arbeiten beide Antriebe zusammen. Im Leerlauf wird der Brennkraftmaschine so viel Kraftstoff zugeführt, daß sie für den Elektromotor, der die Antriebsleistung erzeugt, nicht als Bremse wirkt.

[0004] Bekannt ist auch ein Fahrzeug, das einen Elektromotor, eine Brennstoffzelle, einen Kompressor zur Zufuhr von Luft zur Brennstoffzelle, einen Elektromotor zum Antrieb des Kompressors, einen Reformier, einen Brennstofftank für flüssigen Kraftstoff, einen Wasserspeicher und einen Verdampfer aufweist. Der flüssige Kraftstoff und Wasser werden im Verdampfer in den gasförmigen Zustand übergeführt und danach zum Reformier geleitet, in dem unter Zufuhr von Wärme mit Hilfe eines katalytischen Brenners Wasserstoff, Kohlendioxid und Kohlenmonoxid gebildet werden. Das so gebildete wasserstoffhaltige Gas wird der Brennstoffzelle zugleich mit Luft unter Druck zugeführt (DE 44 12 451 C1).

[0005] Brennstoffzellensysteme, die zur Erzeugung von Wasserstoff aus einem flüssigen Kraftstoff eine Gaserzeugungssystem besitzen, haben gegenüber Brennstoffzellensystemen, die aus Tanks mit gasförmigem Wasserstoff gespeist werden, eine Reihe von Nachteilen, deren Beseitigung zu deutlichem Mehraufwand führt und auch nicht vollständig gelingt.

[0006] In diesem Zusammenhang ist vor allem das Kaltstartverhalten ein Problem. Da das Gaserzeugungssystem erst nach Erreichen einer bestimmten höheren, von der Art des Kraftstoffs abhängigen Betriebstemperatur funktionsfähig ist, d. h. ein wasserstoffhaltiges Gas erzeugt, muß es nach der Fahrzeuginbetriebnahme erst aufgeheizt werden. Hierdurch ergibt sich eine Wartezeit zwischen Fahrzeugstart und Fahrbereitschaft. Durch die Erzeugung thermischer

Energie für das Aufheizen des Gaserzeugungssystems wird Kraftstoff im Stillstand verbraucht.

[0007] Bekannt ist auch ein hybrides System mit einer Brennkraftmaschine und einer Brennstoffzelle. Das System enthält wenigstens einen thermisch oder katalytisch arbeitenden Cracking-Reaktor, dem flüssiger Kraftstoff zugeführt wird und der einen Gasstrom erzeugt, in dem Wasserstoff enthalten ist, und einen weiteren Strom, in dem sowohl Gas wie auch Flüssigkeiten enthalten sein können. Der Wasserstoff wird einer Brennstoffzelle zur Erzeugung elektrischer Energie zugeführt, mit der ein Elektromotor betrieben wird. Der weitere Strom wird einer Brennkraftmaschine zugeführt, die eine mechanische Leistung abgibt (WO 98 40 922 A1).

[0008] Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein Fahrzeug, das ein mit flüssigem Kraftstoff gespeistes Brennstoffzellen-System aufweist, dahingehend weiterzuentwickeln, daß ein Anlassen mit sofortigem Fahrtbeginn ohne Energieentnahme aus einem zusätzlichen Gasspeicher für die Brennstoffzelle möglich ist, und ein Verfahren zum Betrieb eines solchen Fahrzeugs anzugeben.

[0009] Das Problem wird erfindungsgemäß durch ein Fahrzeug mit wenigstens einem Antriebsstrang für Antriebsräder und mit einem an den Antriebsstrang ankuppelbaren Brennkraftmaschinen-Antrieb sowie mit einem Brennstoffzellensystem gelöst, das eine Brennstoffzelle und eine Gaserzeugungseinrichtung aufweist, die bei höheren Temperaturen aus einem Kraftstoff wasserstoffhaltiges Gas für die Brennstoffzelle erzeugt, wobei Einrichtungen zur Überleitung von Wärme aus dem Brennkraftmaschinen-Antrieb in die Gaserzeugungseinrichtung und in die Brennstoffzelle und eine Steuerung vorgesehen sind, von der automatisch Aggregate für die Zufuhr von Kraftstoff und Luft zum Brennstoffzellensystem nach dem Aufheizen der Gaserzeugungseinrichtung und der Brennstoffzelle auf Arbeitstemperaturen einschaltbar sind.

[0010] Unter Antriebsstrang sind die Bauteile hinter einer Kupplung des Fahrzeugs bis zu den Antriebsrädern zu verstehen. Unter Brennkraftmaschinen-Antrieb ist hierbei ein Antrieb mit einer herkömmlichen Brennkraftmaschine und den für ihren Betrieb notwendigen Aggregaten wie Anlasser, Lichtmaschine, Akkumulator, Kraftstoffdosiereinrichtung, Zündeinrichtung usw. zu verstehen. Der Brennkraftmaschinen-Antrieb wird auf übliche Weise in Gang gesetzt, indem mittels des Zündschlüssels die Bauelemente für das Starten betätigt werden.

[0011] Die beim Betrieb der Brennkraftmaschine auftretenden heißen Abgase heizen die Gaserzeugungseinrichtung und die Brennstoffzelle auf Betriebstemperaturen bzw. eine für die Funktion ausreichende Temperatur auf. Sobald die Arbeits- bzw. Betriebstemperatur erreicht ist, wird die Zufuhr von Luft und flüssigem Kraftstoff zur Gaserzeugungseinrichtung eingeleitet und die Brennstoffzelle mit der Luft und dem von der Gaserzeugungseinrichtung ausgegebenen wasserstoffhaltigen Gas in Gang gesetzt.

[0012] Insbesondere ist wenigstens ein an den Antriebsstrang ankuppelbarer Elektrofahrmotor vorgesehen. Wenn die Brennstoffzelle Strom erzeugt, wird der z. B. über einen Steller gesteuerte Elektrofahrmotor durch Betätigen seiner Kupplung an den Antriebsstrang angeschlossen. Je nach der erforderlichen Fahrleistung kann die Brennkraftmaschine mit dem Elektrofahrmotor zusammenarbeiten oder von dem Antriebsstrang abgekuppelt werden.

[0013] Vorzugsweise ist für die Energieversorgung des Brennkraftmaschinen-Antriebs und des Brennstoffzellensystems flüssiger Kraftstoff vorgesehen. Die erfindungsgemäße Einrichtung ermöglicht die sofortige Fahrbereitschaft eines Fahrzeugs, bei dem flüssiger Kraftstoff für einen

Brennstoffzellensystem-Antrieb verwendet wird. Wartezeiten bei Inbetriebnahme mit abgekühltem Gaserzeugungssystem lassen sich vermeiden. Weitere Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind: Kein zusätzlicher Kraftstoffbedarf zum Heizen des Brennstoffzellensystems vor Fahrtaufnahme, erhöhte Betriebssicherheit aufgrund der Möglichkeit, bei einer Störung des Brennstoffzellensystems die Fahrt mit der Brennkraftmaschine fortsetzen zu können, und eine flexible Nutzung von Brennkraftmaschine und Brennstoffzellensystem-Antrieb je nach Bedarf für zusätzliche oder alternative Antriebsleistung, Zusatzstromversorgung usw.

[0014] Es ist günstig, wenn nach der Funktionsaufnahme der Brennstoffzelle der Elektrofahrmotor an den Antriebsstrang automatisch ankuppelbar oder die manuell oder durch Fußpedal durchzuführende Kupplung des Elektrofahrmotors mit dem Antriebsstrang freigebbar ist. Sobald die Brennkraftmaschine in Betrieb ist, kann die Kupplungsverbindung zwischen der Brennkraftmaschine und dem Antriebsstrang mit den Antriebsrädern hergestellt werden, worauf sich das Fahrzeug in Bewegung setzt.

[0015] Bei einer zweckmäßigen Ausführungsform ist die Nennleistung des Brennkraftmaschinen-Antriebs kleiner als die des Elektrofahrmotors. Die Brennkraftmaschine wird insbesondere zum Anfahren des Fahrzeugs bei kaltem Gaserzeugungssystem und zum Aufheizen des Gaserzeugungssystems auf Betriebstemperatur benötigt. Die hierfür benötigte Leistung ist gering im Vergleich zu der für die verschiedenen Geschwindigkeiten, Ladezustände und Steigungen im üblichen Fahrbetrieb benötigten Leistung.

[0016] Insbesondere sind der Brennkraftmaschinen-Antrieb und das Brennstoffzellensystem in einem Kühlkreislauf gemeinsam an einen Kühler angeschlossen. Durch einen gemeinsamen Kühler vermindert sich der Aufwand für die Antriebssysteme. Außerdem wird die Brennstoffzelle vor ihrer Inbetriebnahme durch die Brennkraftmaschine bereits auf Arbeits- bzw. Betriebstemperatur aufgeheizt. Dies bedeutet auch eine Gewichtseinsparung am Fahrzeug. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß die Brennkraftmaschine auch dann über ihren Kühlkreislauf eine höhere Temperatur hat, wenn sie nicht in Betrieb ist, so daß eine bedarfsweise Inbetriebnahme zur Unterstützung des Elektrofahrmotors bei höherer Betriebstemperatur erfolgt. Damit wird die bei kalter Brennkraftmaschine nach dem Ingangsetzen höhere Schadstoffzeugung vermieden.

[0017] Bei einer weiteren zweckmäßigen Ausführungsform ist vorgesehen, daß eine Einrichtung zur Überleitung von Wärme aus den Abgasen der Brennkraftmaschine in die Gaserzeugungseinrichtung vorgesehen ist. Es ist insbesondere ein außerhalb des Gaserzeugungseinrichtung verlaufender Bypass angeordnet, der im Betrieb der Brennkraftmaschine und im Betrieb des Brennstoffzellensystems für die Abgase durchlässig und vor Inbetriebsetzung des Brennstoffzellensystems undurchlässig ist. Wenn das Brennstoffzellensystem arbeitet, d. h. Strom erzeugt, entsteht Wärme, die für den Betrieb des Gaserzeugungssystems ausreicht. Um eine Überhitzung bei gleichzeitiger Leistungsabgabe der Brennstoffzelle und der Brennkraftmaschine zu vermeiden, werden dann die Abgase der Brennkraftmaschine am Gaserzeugungssystem vorbeigeleitet.

[0018] Es ist günstig, wenn eine Einrichtung zur Überleitung von Wärme aus den Abgasen der Brennkraftmaschine aus wenigstens einer im Inneren der Gaserzeugungseinrichtung verlaufenden Leitung besteht, die Abgase führt. Diese Ausführungsform zeichnet sich durch ihren einfachen Aufbau aus.

[0019] Bei einer anderen vorteilhaften Ausführungsform sind die Brennkraftmaschine, die Gaserzeugungseinrich-

tung und die Brennstoffzelle gemeinsam an einen Abgasreiniger angeschlossen. Durch diese Ausführungsform ist es möglich, das Antriebssystem mit geringerem Gewicht auszubilden.

[0020] Für das Verfahren wird das Problem zum Betrieb eines Fahrzeugs mit wenigstens einem Antriebsstrang für Antriebsräder und mit einem an den Antriebsstrang ankuppelbaren Brennkraftmaschinen-Antrieb sowie mit einem Brennstoffzellensystem, das eine Brennstoffzelle und eine Gaserzeugungseinrichtung aufweist, die aus einem Tank mit flüssigem Kraftstoff versorgt wird und aus dem Kraftstoff bei höheren Temperaturen wasserstoffhaltiges Gas für die Brennstoffzelle erzeugt, erfindungsgemäß gelöst, indem der Brennkraftmaschinen-Antrieb aus dem gleichen Tank wie die Gaserzeugungseinrichtung über eine Leitung mit flüssigem Kraftstoff versorgt und nach dem Starten der Brennkraftmaschine an den Antriebsstrang ankuppelbar ist, während die heißen Gase, die von der Brennkraftmaschine erzeugt werden, das Brennstoffzellensystem direkt und/oder indirekt auf eine wenigstens für die Funktion ausreichende Temperatur aufheizen, bei deren Erreichen der Brennstoffzellensystem-Antrieb durch Zufuhr von Kraftstoff und Luft in Gang gesetzt wird.

[0021] Ein Elektrofahrmotor wird insbesondere automatisch oder durch Fuß- oder Handbetätigung an den Antriebsstrang angekoppelt und die Brennkraftmaschine wahlweise von Antriebsstrang abgekoppelt.

[0022] Zweckmäßigerweise werden die Brennstoffzelle und die Brennkraftmaschine gemeinsam auf eine Betriebstemperatur gekühlt.

[0023] Mit dieser Maßnahme wird die Brennkraftmaschine auch dann, wenn sie nicht in Betrieb ist, auf Betriebstemperatur gehalten, so daß beim Zuschalten der Brennkraftmaschine zur Leistungserhöhung des Fahrzeugsantriebs nicht wie beim Kaltstart einer Brennkraftmaschine eine höherer Schadstoffausstoß entsteht.

[0024] Die Erfindung wird im folgenden an Hand eines in einer Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher beschrieben, aus dem sich weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile ergeben.

[0025] Es zeigen:

[0026] Fig. 1 eine Prinzipdarstellung eines Fahrzeugs mit einem Brennkraftmaschinen-Antrieb und einem Brennstoffzellensystems-Antrieb in einem ersten Betriebszustand,

[0027] Fig. 2 das in Fig. 1 dargestellte Fahrzeug in einem zweiten Betriebszustand,

[0028] Fig. 3 das in Fig. 1 dargestellte Fahrzeug in einem dritten Betriebszustand.

[0029] Ein insgesamt mit 1 bezeichnetes Fahrzeug weist einen Brennkraftmaschinen-Antrieb mit einer Brennkraftmaschine 2 auf, der alle für seine Funktion notwendigen Hilfsaggregate, z. B. Anlasser, Lichtmaschine, Akkumulator, Kraftstoffdosiereinrichtung, Zündeinrichtung, Spannungsregler usw., enthält. Diese bekannten Hilfsaggregate sind in der Zeichnung nicht dargestellt. Das Brennkraftmaschinen-Antriebssystem wird in folgenden auch Brennkraftmaschine 2 genannt. Weiterhin enthält das Fahrzeug 1 einen Brennstoffzellensystem-Antrieb mit an sich bekanntem Aufbau. Von diesen für Kraftfahrzeuge bekannten Brennstoffzellensystem-Antrieb sind in der Zeichnung die Gaserzeugungseinrichtung 3, die Brennstoffzelle 4, und der Elektrofahrmotor 5 und eine Abgasreinigungseinheit 6 dargestellt. Von der Gaserzeugungseinrichtung 3 verläuft eine Verbindungsleitung 7 für wasserstoffhaltiges Gas zur Brennstoffzelle 4. Über eine Leitung 8 wird der Brennstoffzelle 4 Reaktionsluft zugeführt. Von der Brennstoffzelle 4 verläuft eine Leitung 9 für die Abführung der Restluft bzw. von Abgasen zur Abgasreinigungseinheit 6. Ein Abgaslei-

tung 10 verbindet die Gaserzeugungseinrichtung 3 mit der Abgasreinigungseinheit 6, an die der Fahrzeugauspuff 18 angeschlossen ist.

[0030] Der Elektrofahrmotor 5 ist über eine Kupplung 11 und ein Differential 12 mit der Kardanwelle 13 verbunden, die über ein weiteres Differential 14 die Achse 15 mit den Rädern 16 antreibt. Die Brennkraftmaschine 2 ist über eine Kupplung 17 mit dem Differential 12 verbunden.

[0031] Die Brennkraftmaschine 2 und die Brennstoffzelle 4 besitzen einen gemeinsamen Kühlkreislauf mit einem Kühler 19. Die Brennstoffzelle 4 ist insbesondere eine  $H_2/O_2$ -Brennstoffzelle mit protonenleitender Membran, eine sog. PEM-Zelle, und setzt sich aus einem Stack einzelner Brennstoffzellen zusammen. Neben dem Kühler 19 sind in der Zeichnung die Leitungen 20 zwischen Brennkraftmaschine 2 und Kühler 19, zwischen Brennkraftmaschine 2 und Brennstoffzelle 4 und zwischen Brennstoffzelle 4 und Kühler 19 dargestellt.

[0032] Von der Brennkraftmaschine 2 verläuft eine Abgasleitung 21 zur Gaserzeugungseinrichtung 3, in der die Abgasleitung z. B. in Form einer Heizschlange 22 hindurchgeführt ist. Von der Heizschlange 22 verläuft eine Abgasleitung 23 zwischen der Gaserzeugungseinrichtung 3 und der Abgasreinigungseinheit 6. Von der Abgasleitung 21 zweigt eine Bypass-Leitung 24 ab, mit der die Gaserzeugungseinrichtung 3 umgangen wird. In der Bypass-Leitung 24 ist ein Absperrerelement 25, z. B. eine Klappe, ein Ventil oder ein Schieber, angeordnet.

[0033] Das Fahrzeug 1 besitzt einen Kraftstofftank 26, in dem sich beispielsweise flüssiges Methanol befindet. Der Kraftstoff im Tank 26 wird sowohl für die Versorgung der Brennkraftmaschine 2 als auch für die Versorgung der Brennstoffzelle 4 verwendet. Die Kraftstoffleitung zur Brennkraftmaschine 2 ist in der Zeichnung nicht dargestellt. An der Brennkraftmaschine 2 sind schematisch ein Eingang 27 für Luft und ein Eingang 28 für den Kraftstoff dargestellt, die z. B. in einem zu der Brennkraftmaschine 2 gehörigen, nicht näher bezeichneten Gemischbildner angeordnet sind.

[0034] Der Gaserzeugungseinrichtung 3 wird der Kraftstoff über eine nicht näher dargestellte Leitung an einen schematisch dargestellten Eingang 29 zugeführt. Luft wird der Gaserzeugungseinrichtung 3 über einen schematisch dargestellten Eingang 30 zugeführt. In der Gaserzeugungseinrichtung 3 wird der von der Brennstoffzelle 4 benötigte Wasserstoff aus dem Kraftstoff abgetrennt. Beispielsweise weist die Gaserzeugungseinrichtung 3 in an sich bekannter Weise einen Verdampfer auf, in dem der Kraftstoff und Wasser aus einen nicht dargestellten Wasserspeicher in einen gasförmigen Zustand überführt und anschließend zu einem Reformier geleitet werden, in dem mittels eines katalytischen Brenners ein wasserstoffhaltiges Gas gebildet wird, aus dem Restgas abgeschieden wird, das über die Abgasleitung 10 abgeführt wird. Das wasserstoffhaltige Gas und Luft werden unter Druck der Brennstoffzelle 4 zugeführt, in der die für den Betrieb des Elektrofahrmotors 5 benötigte elektrische Energie erzeugt wird.

[0035] Eine Steuerung 31, die unter anderem einen Steller für den Elektrofahrmotor 5 enthält, ist über nicht näher bezeichnete Leitungen mit dem Elektrofahrmotor 5, den elektrischen Aggregaten der Brennkraftmaschine 2, wenigstens einem Temperaturfühler in der Gaserzeugungseinrichtung 3, der Brennstoffzelle 4, dem Absperrerelement 25, der Kupplung 17 und der Kupplung 11 verbunden.

[0036] Der Verbrennungsmotor 2 hat z. B. eine Antriebsleistung von 30 kW, während der Elektrofahrmotor 5 eine Antriebsleistung von 70 kW besitzt. Es sind jedoch auch andere Leistungsverhältnisse möglich. Die für die Heizung der Gaserzeugungseinrichtung 3 aus dem kalten Zustand auf

Betriebstemperatur benötigte Wärme kann aus den Abgasen der Brennkraftmaschine 2 auch mittels eines Wärmetauschers gewonnen werden, der ein anderes Wärmeträgermedium als die Abgase in der Gaserzeugungseinrichtung 3 zirkulieren läßt.

[0037] Durch Umdrehen eines nicht näher dargestellten Zündschlüssels in einem mit der Steuerung 31 verbundenen Zündschloß wird die Brennkraftmaschine 2 in üblicher Weise gestartet. Das Fahrzeug 1 ist nach dem Ingangsetzen der Brennkraftmaschine 2 fahrbereit. Durch Einlegen eines nicht dargestellten ersten Gangs und Betätigen der Kupplung 17 mittels der Steuerung 31 setzt sich das Fahrzeug 1 in Bewegung. Die Kupplung 11 ist dabei nicht betätigt. Das Absperrerelement 25 sperrt die Bypass-Leitung 24. Die Brennkraftmaschine 2 treibt über das Differential 12, die Kardanwelle 13, das Differential 14 und die Achse 15 die Räder 16 an. Der vorstehend beschriebene Zustand des Fahrzeugs 1 ist in Fig. 1 dargestellt. Im Leerlauf der Brennkraftmaschine 2, insbesondere aber während der Fahrt bei entsprechender Leistungsabgabe, heizen die Abgase der Brennkraftmaschine 2 die Gaserzeugungseinrichtung 3 auf. Die Abgase der Brennkraftmaschine 2 gelangen nach dem Passieren der Heizschlange 22 über die Abgasleitung 23 in die Abgasreinigungseinheit 6 und von dort über den Auspuff 18 ins Freie. Die Brennkraftmaschine 2 wird durch die Zirkulation von Kühlflüssigkeit, die auch über die Brennstoffzelle 4 geleitet wird, im Kühler 19 auf einem für den Betrieb günstigen Wert gehalten. Die Brennstoffzelle 4 wird dabei ebenfalls auf z. B. 80°C bis 90°C erwärmt.

[0038] Die Steuerung 31 überwacht die Temperatur in der Gaserzeugungseinrichtung 3. Wenn die Gaserzeugungseinrichtung 3 ihre Betriebstemperatur erreicht hat, wird sie durch die Steuerung 31 automatisch in Betrieb genommen, indem Luft und Kraftstoff zugeführt werden. Für die Luft- und Kraftstoffzufuhr sind beispielsweise nicht dargestellte Kompressoren vorgesehen, die vom Akkumulator und der Lichtmaschine der Brennkraftmaschine 2 gespeist werden. Da die Gaserzeugungseinrichtung 3 und die Brennstoffzelle 4 zu diesem Zeitpunkt bereits ihre Betriebstemperaturen haben, wird innerhalb weniger Sekunden von der Brennstoffzelle 4 Strom erzeugt, wodurch die Aggregate des Brennstoffzellensystems und der Elektrofahrmotor 5 mit Strom versorgt werden. Die Steuerung 31 betätigt die Kupplung 11, öffnet die Kupplung 17 und schaltet die Brennkraftmaschine 2 aus. Das Fahrzeug 1 wird nunmehr von Elektrofahrmotor 5 angetrieben. Die Bypass-Leitung 24 ist hierbei weiterhin gesperrt. Die Gaserzeugungseinrichtung 3 erzeugt die für ihren Betrieb notwendige Wärme selbst. Der vorstehend beschriebene Betriebszustand ist in Fig. 2 dargestellt und an Hand der Stellungen der Kupplungen 11, 12 erkennbar.

[0039] Da die Brennkraftmaschine 2 durch die Abwärme der Brennstoffzelle 4 weiter beheizt wird, kann sie im Bedarfsfall zur Leistungssteigerung wieder eingeschaltet werden, wobei die Kupplung 17 wieder geschlossen wird.

[0040] Das Fahrzeug 1 wird dann von der Brennkraftmaschine 2 und dem Elektrofahrmotor 5 angetrieben. In dieser Betriebsweise, die in Fig. 3 dargestellt ist, ist die Bypass-Leitung 24 durchlässig, wodurch eine unerwünscht hohe Erwärmung des Gaserzeugungseinrichtung 3 vermieden wird.

#### Patentansprüche

1. Fahrzeug (1) mit wenigstens einem Antriebsstrang für Antriebsräder (16) und mit einem an den Antriebsstrang ankuppelbaren Brennkraftmaschinen-Antrieb (2) sowie mit einem Brennstoffzellensystem, das eine Brennstoffzelle (4) und eine Gaserzeugungseinrichtung

tung (3) aufweist, die bei höheren Temperaturen aus einem Kraftstoff wasserstoffhaltiges Gas für die Brennstoffzelle (4) erzeugt, wobei Einrichtungen für die Überleitung von Wärme aus dem Brennkraftmaschinen-Antrieb in die Gaserzeugungseinrichtung (3) und in die Brennstoffzelle (4) und eine Steuerung (31) vorgesehen sind, von der automatisch Aggregate für die Zufuhr von Kraftstoff und Luft zum Brennstoffzellensystem nach den Aufheizen der Gaserzeugungseinrichtung (3) und der Brennstoffzelle (4) auf Arbeitstemperatur einschaltbar sind.

2. Fahrzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein an den Antriebsstrang ankuppelbarer Elektromotor (5) vorgesehen ist.

3. Fahrzeug nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß für die Energieversorgung des Brennkraftmaschinen-Antriebs (2) und des Brennstoffzellensystems flüssiger Kraftstoff vorgesehen ist.

4. Fahrzeug nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß nach der Funktionsaufnahme der Brennstoffzelle (4) der Elektromotor (5) an den Antriebsstrang automatisch ankuppelbar oder die manuell oder durch Fußpedal durchzuführende Kupplung des Elektromotors (5) mit dem Antriebsstrang freigebbar ist.

5. Fahrzeug nach Anspruch 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Nennleistung des Brennkraftmaschinen-Antriebs (2) kleiner als die Nennleistung des Elektromotors (5) ist.

6. Fahrzeug nach zumindest einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennkraftmaschinen-Antrieb (2) und der Brennstoffzellensystem-Antrieb in einem Kühlkreislauf gemeinsam an einen Kühler (19) angeschlossen sind.

7. Fahrzeug nach zumindest einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung zur Überleitung von Wärme aus den Abgasen des Brennkraftmaschinen-Antriebs (2) in die Gaserzeugungseinrichtung (3) vorgesehen ist.

8. Fahrzeug nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zur Überleitung von Wärme eine im Innern der Gaserzeugung (3) verlaufende Leitung (22) für die Abgasrückführung ist.

9. Fahrzeug nach zumindest einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß parallel zu der Einrichtung für die Überleitung von Wärme aus den Abgasen des Brennkraftmaschinen-Antriebs (1) in die Gaserzeugungseinrichtung (3) ein außerhalb der Gaserzeugungseinrichtung (3) verlaufender Bypass (24) angeordnet ist, der ein von der Steuerung (31) betätigbares Sperrelement (25) aufweist.

10. Fahrzeug nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennkraftmaschinen-Antrieb (2) und der Brennstoffzellensystem-Antrieb an einem gemeinsamen Abgasreiniger (6) angeschlossen sind.

11. Verfahren zum Betrieb eines Fahrzeugs mit wenigstens einem Antriebsstrang und mit einem an den Antriebsstrang ankuppelbaren Brennkraftmaschinen-Antrieb (2) sowie mit einem Brennstoffzellensystem, das eine Brennstoffzelle (4) und eine Gaserzeugungseinrichtung (3) aufweist, die aus einem Tank (26) mit flüssigem Kraftstoff versorgt wird und aus dem Kraftstoff bei höheren Temperaturen ein wasserstoffhaltiges Gas für die Brennstoffzelle (4) erzeugt, wobei der Brennkraftmaschinen-Antrieb (2) aus dem gleichen Tank (26) wie die Gaserzeugungseinrichtung (3) über eine Kraftstoffleitung mit flüssigem Kraftstoff versorgt wird

und nach dem Starten der Brennkraftmaschine (2) an den Antriebsstrang zur Fortbewegung des Fahrzeugs (1) ankuppelbar ist, während die von der Brennkraftmaschine (2) erzeugten heißen Abgase direkt und/oder indirekt das Brennstoffzellensystem auf eine wenigstens für die Funktion ausreichende Temperatur aufheizen, bei deren Erreichen das Brennstoffzellensystem durch Zufuhr von Kraftstoff und Luft in Gang gesetzt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Brennstoffzellensystem einen an den Antriebsstrang ankuppelbaren Elektromotor (5) aufweist, der nach dem Erreichen der Betriebstemperatur des Brennstoffzellensystems automatisch an den Antriebsstrang angekuppelt wird oder daß eine Kupplung (11) des Elektromotors (5) zum Antriebsstrang für die Fuß- oder Handbetätigung freigegeben wird und der Brennkraftmaschinen-Antrieb (2) wahlweise vom Antriebsstrang abgekoppelt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennkraftmaschinen-Antrieb (2) und der Brennstoffzellensystem-Antrieb gemeinsam auf den Antriebsstrang einwirken.

14. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennstoffzellensystem-Antrieb nach der Funktionsaufnahme der Brennstoffzelle (4) alleine auf den Antriebsstrang einwirkt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11–14, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennstoffzelle (4) und der Brennkraftmaschinen-Antrieb (2) gemeinsam auf eine Betriebstemperatur gekühlt werden.

16. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 11–15, dadurch gekennzeichnet, daß ein zu einer Einrichtung in der Gaserzeugungseinrichtung (3) für die Überleitung der Wärme paralleler Bypass (24) außerhalb der Gaserzeugungseinrichtung (3) beim Betrieb der Brennkraftmaschine (2) und nicht in Betrieb befindlicher Brennstoffzelle (4) sowie bei arbeitender Brennstoffzelle (4) und nicht in Betrieb befindlicher Brennkraftmaschine (2) gesperrt wird und bei zugleich arbeitender Brennkraftmaschine (2) und Brennstoffzelle (4) durchlässig gesteuert wird.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

Fig. 1

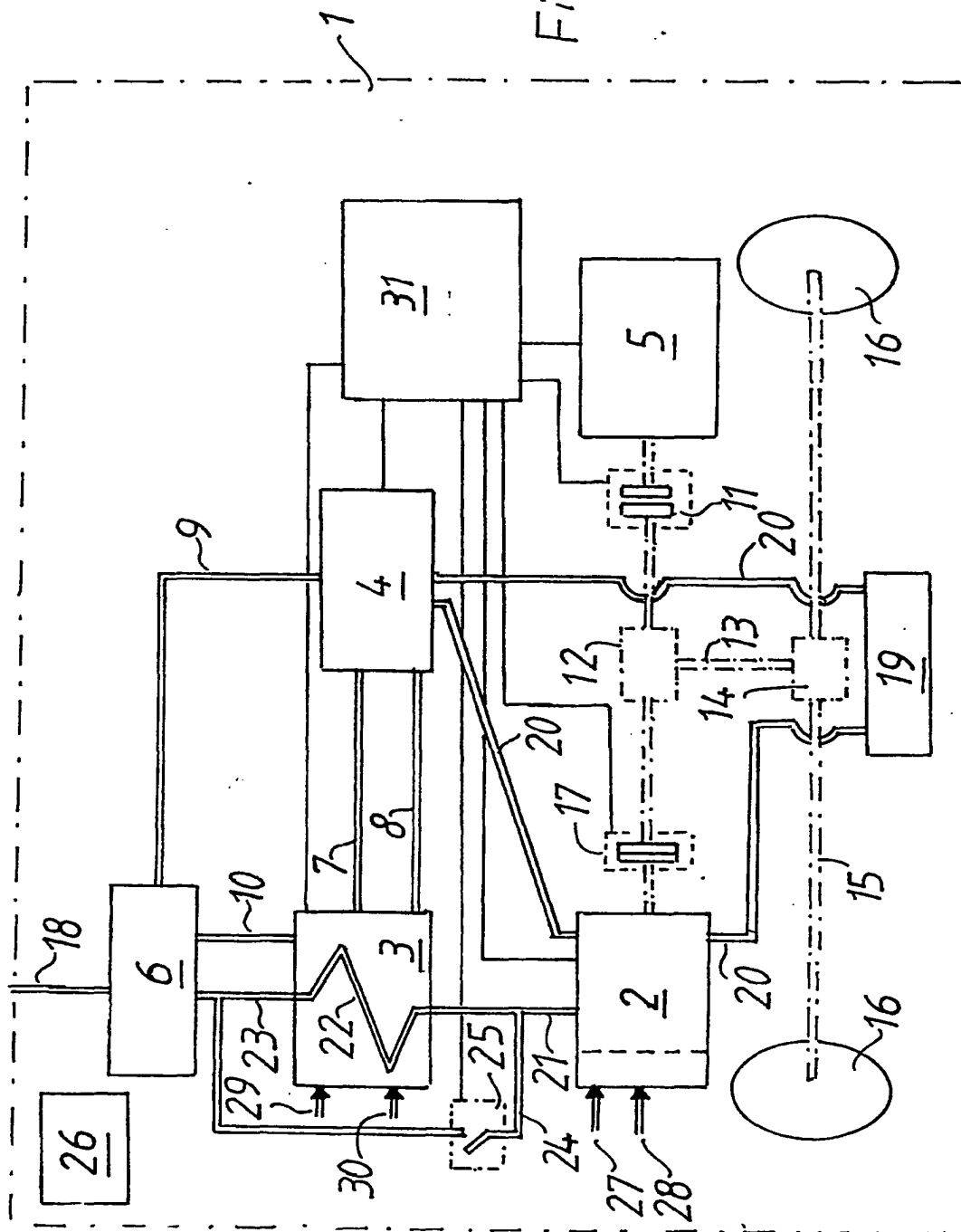


Fig. 2

